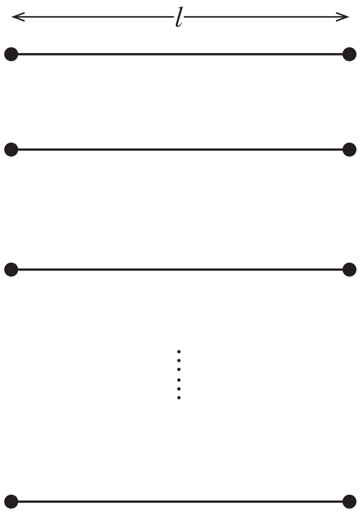
第6講　弦，気柱の振動

WORK　6

《弦に生じる定常波》

弦を弾くと弦に生じた［ 1 ］波の進行波が固定点で反射し，入射波と重ね合わさって定常波ができる。このとき，両端は定常波の［ 2 ］となる。また，弦に生じた波の伝わる速さは弦の張力 S［N］，線密度 ρ［kg/m］を用いて［ 3 ］［m/s］と書ける。

弦に生じる定常波の様子は以下のようになる。



$l=$［ 4 ］（波長を λ_1 とする）

$l=$［ 5 ］（波長を λ_2 とする）

$l=$［ 6 ］（波長を λ_3 とする）

⋮

$l=$［ 7 ］（自然数 n を用いて）
（波長を λ_n とする）

弦の長さを l として，生じた定常波の波長と l の関係は上の［ 4 ］～［ 7 ］のようになるので，n 倍振動において波長は［ 8 ］となる。よって振動数は［ 9 ］となり，これを弦の固有振動数という。なお，$n=1$ の場合を［ 10 ］といい，そのときの振動数を［ 11 ］という。一般に弦の固有振動数は，その基本振動数の［ 12 ］倍のものに限られる。

ⒸRECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

< Note >

ⒸRECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

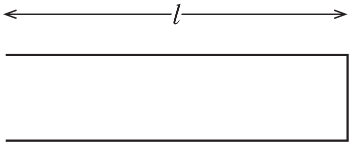
《気柱の振動》

筒などに息を吹き込むと音が鳴ることがある。これは，送り込んだ波に対し，中の気体が振動して[13]するからである。

共鳴時には，管の口を[14]，底を[15]とする定常波が生じている。管の長さを l として，閉管，開管それぞれの場合について，固有振動数を考えてみよう。

①　閉管

生じる定常波の様子は以下のようになる。



$l=$[16]（波長を λ_1 とする）

$l=$[17]（波長を λ_3 とする）

$l=$[18]（波長を λ_5 とする）

⋮

$l=$[19]（自然数 n を用いて）
（波長を λ とする）

管の長さを l として，生じた定常波の波長と l の関係は上の[16]～[19]のようになるので，[19]のとき波長は[20]となる。よって振動数は音速を V として[21]となり，これを閉管の固有振動数という。なお，$n=1$ の場合を[22]といい，そのときの振動数を[23]という。一般に閉管の固有振動数は，その基本振動数の[24]倍のものに限られる。

©RECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

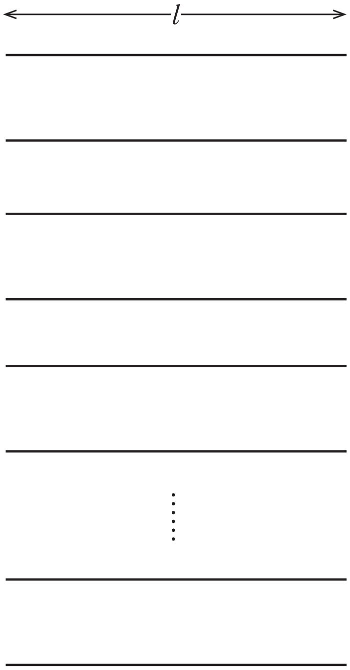
< Note >

ⒸRECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

② 開管

生じる定常波の様子は以下のようになる。



$l=$ [25]（波長を λ_1 とする）

$l=$ [26]（波長を λ_2 とする）

$l=$ [27]（波長を λ_3 とする）

⋮

$l=$ [28]（自然数 n を用いて）
（波長を λ_n とする）

管の長さを l として，生じた定常波の波長と l の関係は上の [25] ～ [28] のようになるので，[28] のとき波長は [29] となる。よって振動数は音速を V として [30] となり，これを開管の固有振動数という。なお，$n=1$ の場合を [31] といい，そのときの振動数を [32] という。一般に開管の固有振動数は，その基本振動数の [33] 倍のものに限られる。

ⒸRECRUIT HOLDINGS
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

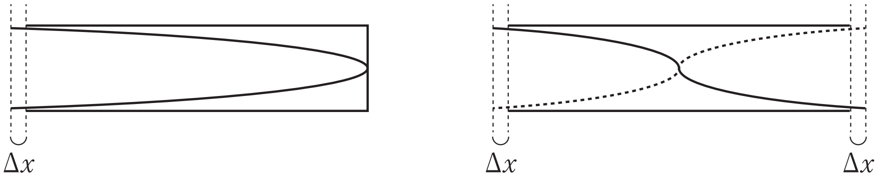
< Note >

ⒸRECRUIT HOLDINGS
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

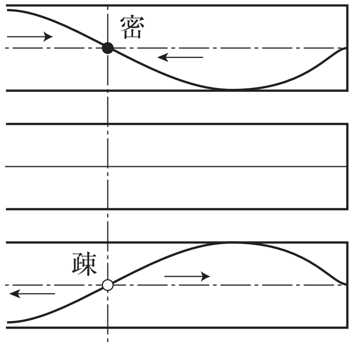
補足

（i）開口端補正

定常波の腹は，実際には，管の口よりも少し外側にできる。管口から腹までの距離を「開口端補正」という。



（ii）密度の変化が激しいのは，定常波の節のところ。



〈音波〉

・空気中を伝わる縦波。

・常温で，空気中を伝わる音波の速さは340m/sくらい。

・音の３要素

①強さ…振幅と振動数

②音色…波形

③高さ…振動数

©RECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

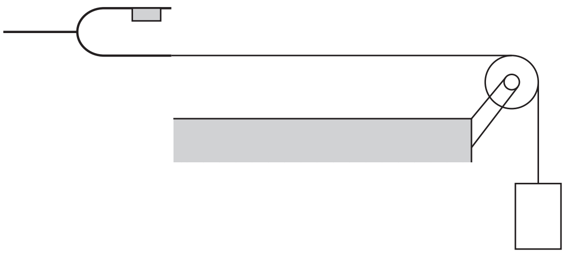
＜ Note ＞

ⒸRECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

1

図のように，線密度が 5.0×10^{-5}kg/m の弦の一端を電磁おんさにつなぎ，他端は滑車を通して質量 4.5×10^{-3}kg のおもりを取り付けた。電磁おんさをはたらかせ，弦に振動数 120Hz の正弦波を発生させた。重力加速度の大きさを 10m/s^2 として，次の問いに答えよ。



(1)　弦の引く力を S，線密度を ρ で表すと，弦を伝わる波の速さは $\sqrt{\dfrac{S}{\rho}}$ で与えられる。この弦を伝わる波の速さはいくらか。

(2)　この弦を伝わる波の波長はいくらか。

(3)　おんさから滑車までの弦の長さが 1.0m となるようにしたとき，弦に定常波が現れた。このときの定常波の腹の数はいくつか。

(4)　弦の長さを変えず，おもりの質量を変えて，定常波の腹の数を２減らすためには，おもりの質量はいくらにしたらよいか。

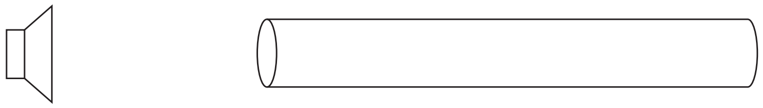
ⒸRECRUIT HOLDINGS
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

＜ Note ＞

ⒸRECRUIT HOLDINGS
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

2

　図のように，長さ 34cm の細長い管がある。管の左端は開いており，右端はふたで完全に閉じられている。管の左側に音源を置き，以下の問いにあるような実験を行った。このとき，各問に答えよ。ただし，開口端補正は無視してよく，音速は 340m/s とする。



音源

⑴　はじめ管内の気柱には音源と同じ振動数で基本振動の定常波が生じていた。定常波の波長はいくらか。

⑵　このとき，音源の振動数はいくらか。

⑶　次に音源の振動数をしだいに上げていったところ，あるところで管の発する音が大きくなった。このとき音源の振動数はいくらか。

⑷　このとき，管内に生じている気柱の定常波の節のうち，管の左端に最も近いものは，管の左端からどれだけはなれた場所にあるか。有効数字２桁で答えよ。

⑸　次に管の右端のふたを取り除いた後で，音源の振動数をさらに上げていったところ，あるところで管の発する音が大きくなった。このとき音源の振動数はいくらか。

ⒸRECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

< Note >

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

第6講　確認テスト

次の文章中の空欄に当てはまるものを下の選択肢からそれぞれ一つずつ選び，番号で答えよ。

図のように，一様な弦の一端Aを，振動数が調節できる振動子に固定し，他端は滑車を通しておもりにつないである。また，コマBは振動子と滑車の間を移動して，任意の一点で弦を固定することができる。

はじめに，AB間の弦の長さを L［m］として，振動子を作動させ，この弦を振動数 f［Hz］で振動させたところ，AB間に腹が2個ある定常波ができた。このような定常波による振動を弦の［ 1 ］倍振動という。なお，弦を伝わる波の波長 λ［m］は，L を用いて表すと，

$\lambda=$［ 2 ］［m］

となる。また，弦を伝わる波の速さ V［m/s］は，f，L を用いて

$V=$［ 3 ］［m/s］

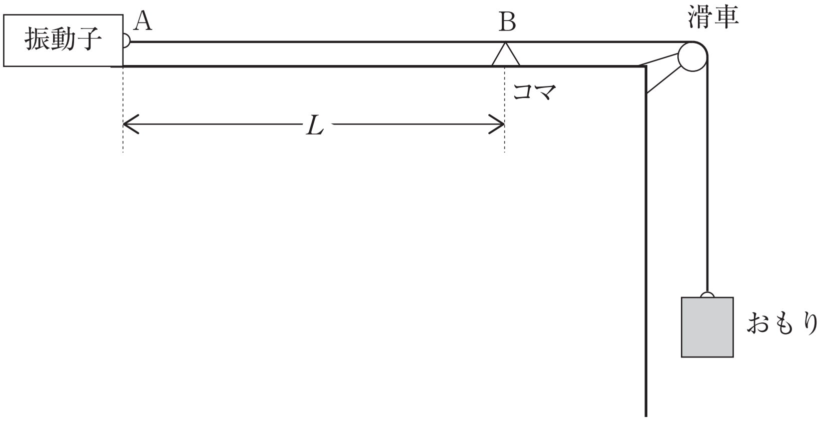
と表される。

その後，コマBを振動子に向かってゆっくり移動させ，AB間の長さが L'［m］になったときに，基本振動が観測された。このとき，弦を伝わる波の速さ V は［ 4 ］ことから，L' は L を用いて

$L'=$［ 5 ］［m］

と表される。

次に，弦の振動数を徐々に増加させたところ，腹が3個の定常波ができた。このときの弦の振動数 f' は，はじめの振動数 f の［ 6 ］倍である。



［選択肢］

① f　② $2f$　③ $3f$　④ $4f$　⑤ Lf　⑥ $2Lf$　⑦ $4Lf$　⑧ $\frac{1}{2}Lf$

⑨ L　⑩ $2L$　⑪ $\frac{1}{2}L$　⑫ $3L$　⑬ 1　⑭ 2　⑮ 3　⑯ 4

⑰ 小さくなる　⑱ 変わらない　⑲ 大きくなる

©RECRUIT HOLDINGS
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

＜ Note ＞

ⒸRECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

第６講　解答

WORK

《弦に生じる定常波》

1 横　2 節　3 $\sqrt{\dfrac{S}{\rho}}$　4 $\dfrac{\lambda_1}{2}\times 1$　5 $\dfrac{\lambda_2}{2}\times 2$

6 $\dfrac{\lambda_3}{2}\times 3$　7 $\dfrac{\lambda_n}{2}\times n$　8 $\dfrac{2l}{n}$　9 $\dfrac{1}{2l}\sqrt{\dfrac{S}{\rho}}\cdot n$

10 基本振動　11 基本振動数　12 整数

《気柱の振動》

13 共鳴　14 腹　15 節

① 閉管

16 $\dfrac{\lambda_1}{4}\times 1$　17 $\dfrac{\lambda_3}{4}\times 3$　18 $\dfrac{\lambda_5}{4}\times 5$　19 $\dfrac{\lambda}{4}\times(2n-1)$

20 $\dfrac{4l}{2n-1}$　21 $\dfrac{V}{4l}(2n-1)$　22 基本振動

23 基本振動数　24 奇数

② 開管

25 $\dfrac{\lambda_1}{2}\times 1$　26 $\dfrac{\lambda_2}{2}\times 2$　27 $\dfrac{\lambda_3}{2}\times 3$　28 $\dfrac{\lambda_n}{2}\times n$

29 $\dfrac{2l}{n}$　30 $\dfrac{V}{2l}\cdot n$　31 基本振動　32 基本振動数

33 整数

1

(1) 30［m/s］

(2) 0.25［m］

(3) ８個

(4) 8.0×10^{-3}［kg］

2

(1) 136［cm］

(2) 250［Hz］

(3) 750［Hz］

(4) 11［cm］

(5) 1000［Hz］

©RECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

第６講　確認テスト

【解答】

(1)　⑭　(2)　⑨　(3)　⑤　(4)　⑱　(5)　⑪　(6)　⑮

【解説】

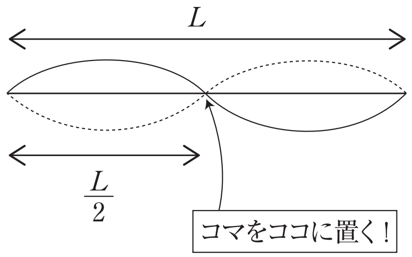
(1)　腹が２個ある状態を2倍振動という。

(2)　$L=\frac{\lambda}{2}\times 2$　∴　$\lambda=\underline{L}$ [m]

(3)　$V=f\lambda=\underline{Lf}$ [m/s]

(4)　弦を伝わる波の速さは，弦の張力と線密度で決まる。
よって，コマの位置にはよらない。

(5)　右図より，$\underline{L'=\frac{1}{2}L}$ [m]



(6)　３倍振動の状態になるので，$3f$
つまり，3倍となる。

ⒸRECRUIT HOLDINGS
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。